

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-188852  
 (43)Date of publication of application : 25.07.1995

(51)Int.Cl.

C22C 38/00  
 C22C 38/40  
 C23C 8/26

(21)Application number : 05-338686

(71)Applicant : KOBE STEEL LTD

(22)Date of filing : 28.12.1993

(72)Inventor : SATO HITOSHI  
 KURAMOTO HIROSHI  
 KAWAGUCHI YASUNOBU

## (54) STEEL FOR NITRIDED SPRING EXCELLENT IN FATIGUE STRENGTH AND NITRIDED SPRING

## (57)Abstract:

PURPOSE: To produce a steel for nitrided spring excellent in fatigue strength and the spring by subjecting a low alloy steel material, in which the size of non-metallic inclusions in the cross section in a rolling direction is specified, to nitriding treatment.

CONSTITUTION: A steel material, which has a composition containing, by weight, 0.3–0.7% C, 0.8–4% Si, 0.2–1.5% Mn, 0.4–3% Cr, 0.02–0.7% sol.Al, and <20ppm O and further containing one or more kinds among 0.05–0.5% V, 0.05–0.5% Nb, 0.05–0.5% Mo, and 0.1–3% Ni, is hot-rolled and wiredrawn. The resulting wire is formed into spring state, and, after formed into spring state having a structure where the size of non-metallic inclusions in 3600mm<sup>2</sup> cross section in a rolling direction is regulated to ≤15μm, the resulting spring is nitrided. By this method, the nitrided spring, in which hardness in the part between the surface and a position at a depth of ≤10μm from the surface is regulated to ≤900 Vickers hardness Hs and also Vickers hardness H<sub>i</sub> in the inner part is regulated to 450–570 and which has excellent fatigue strength, can be produced.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 23.01.1996  
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]  
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
 [Date of final disposal for application]  
 [Patent number] 2783145  
 [Date of registration] 22.05.1998  
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of extinction of right] 22.05.2003

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 特許公報 (B2)

(11)特許番号

第2783145号

(45)発行日 平成10年(1998)8月6日

(24)登録日 平成10年(1998)5月22日

(51)Int.Cl.  
C 22 C 38/00  
38/46  
C 23 C 8/26

識別記号  
301

F I  
C 22 C 38/00  
38/46  
C 23 C 8/26

301N

請求項の数2(全: : )

(21)出願番号 特願平5-338686  
(22)出願日 平成5年(1993)12月28日  
(65)公開番号 特開平7-188852  
(43)公開日 平成7年(1995)7月25日  
審査請求日 平成8年(1996)1月23日

(73)特許権者 000001199  
株式会社神戸製鋼所  
兵庫県神戸市中央区灘浜町1丁目3番18号  
(72)発明者 佐藤 仁資  
兵庫県神戸市灘区灘浜東町2番地 株式会社神戸製鋼所神戸製鉄所内  
(72)発明者 蔡本 廣志  
兵庫県神戸市灘区灘浜東町2番地 株式会社神戸製鋼所神戸製鉄所内  
(72)発明者 川口 康信  
兵庫県神戸市灘区灘浜東町2番地 株式会社神戸製鋼所神戸製鉄所内  
(74)代理人 弁理士 植木 久一  
審査官 長者 義久

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 疲労強度の優れた窒化ばね用鋼および窒化ばね

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 C: 0.3~0.7% (重量%を意味する、以下同じ)  
Si: 0.8~4%  
Mn: 0.2~1.5%  
Cr: 0.4~3%  
S: 0.02~0.7%を含有すると共に、酸素含有量が 20 ppm 以下であり、更にV: 0.05~0.5%  
Nb: 0.05~0.5%  
Mo: 0.05~0.5%  
Ni: 0.1~3%よりなる群から選択される元素を1種以上含有し、残部Feおよび不可避不純物からなり、該鋼材の中心を含む圧延方向断面  $3600 \text{ mm}^2$  における非金属介在物の大きさが  $15 \mu\text{m}$  以下であることを特徴

とする疲労強度の優れた窒化ばね用鋼。

【請求項2】 請求項1記載の要件を満たす鋼材製ばねを窒化処理してなり、表面から  $10 \mu\text{m}$  以内のピッカース硬さ H<sub>S</sub> が 900 以上、内部のピッカース硬さ H<sub>I</sub> が 450~570 であることを特徴とする疲労強度の優れた窒化ばね。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、耐疲労特性に優れた窒化ばねを得るための鋼およびこの鋼材を用いた窒化ばねに関し、この窒化ばねは、例えば自動車エンジン用の弁ばねの如く極めて高い疲労強度の要求されるばね材として有用である。

【0002】

【従来の技術】 近年自動車の軽量化および高出力化の動

向に伴って、エンジンやサスペンション等に使用される弁ばねや懸架ばね等のばねにおいても高応力設計が指向されている。そのためそれらのばねは、負荷応力の増加に対応するため耐疲労性や耐へたり性に優れたものが強く望まれている。とりわけ弁ばねには、高い疲労特性が要求されており、こうした要請に応えるため、JISに規定されるSWOSC-V (JIS G3566) の鋼種に対して合金元素の增量、添加により素材の高強度化を図った鋼材が提案されている（例えば特開昭63-216951号公報）。

【0003】しかしながら、最近における高疲労強度の要求はますます厳しくなってきており、前述の如き素材の高強度化だけではそれらの要望に対応し切れなくなっている。そこで素材の高強度化に加えて、ばね表層硬さの大幅向上を狙った窒化処理等の表面硬化処理が弁ばねの分野においても検討され、それなりの成果を得ている（例えば、ばね技術研究会'87年秋期および'90年秋期講演会要旨集等）。

【0004】ところが窒化処理を応用した改質技術でも、表層硬さはせいぜいHV860程度以下であり、又ばね疲労特性は従来材に比べて改善されるものの、例えば応力 $70 \pm 50 \text{ kgf/mm}^2$ の繰り返し作用を受けると $2 \times 10^7$ 回程度以下で折損する。また、疲労特性を一段と改善するには表層硬さを高めるのが効果的であり、その有効な添加元素としてA1が考えられる。窒化用鋼として機械構造部品に広く用いられるJIS SACM645等でも、これと同様の目的から0.70~1.2%程度のA1を含有させている。

【0005】しかしながら弁ばねにおいては、非金属介在物による疲労破壊を防ぐために $\text{Al}_2\text{O}_3$ 系介在物の生成源となるA1の添加は極力抑えるべきであり、そのため製鋼時の脱酸材としてはSiやMnが用いられている。この場合、介在物を低融点の組成に制御して後の熱間加工で介在物を微細化する方法も試みられているが、介在物組成を制御するにはある程度の酸素が必要（通常20~50ppm程度）であるので、鋼材に含まれる介在物の絶対個数はA1により脱酸した鋼（通常20ppm以下）よりも多く、介在物に起因する折損がしばしば経験されている。

#### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記の様な問題点に着目してなされたものであって、その目的は、従来材に比べて一段と優れた疲労強度を有する窒化ばね用鋼、および該鋼材を用いた高疲労特性の窒化ばねを提供しようとするものである。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決することができた本発明に係る窒化ばね用鋼の構成は、C: 0.3~0.7%

Si: 0.8~4%

Mn: 0.2~1.5%

Cr: 0.4~3%

so1. A1: 0.02~0.7%を含有すると共に、酸素含有量が20ppm以下であり、更にV: 0.05~0.5%

Nb: 0.05~0.5%

Mo: 0.05~0.5%

Ni: 0.1~3%よりなる群から選択される1種以上の元素を含有し、残部Feおよび不可避不純物からなり、該鋼材の中心を含む圧延方向断面 $3600\text{mm}^2$ における非金属介在物の大きさが $15\mu\text{m}$ 以下であるところに要旨を有するものである。そして、上記要件を満たす鋼材製ばねを窒化処理してなり、表面から $10\mu\text{m}$ 以内のピッカース硬さHsが900以上、内部のピッカース硬さHiが450~570であるものは、疲労強度の非常に優れた窒化ばねとなる。

#### 【0008】

【作用】上記の様に本発明は、C, Si, Mn, Cr, so1. A1並びに酸素の各含有量が規定されると共に、V, Nb, MoおよびNiよりなる群から選択される元素の1種以上を適量含有する鋼材からなり、且つ該鋼材の圧延方向断面 $3600\text{mm}^2$ における非金属介在物の大きさを $15\mu\text{m}$ 以下に特定してなる高疲労特性の窒化ばね用鋼、並びに該鋼材を窒化処理してなり、表面から $10\mu\text{m}$ 以内のピッカース硬さHsが900以上、内部のピッカース硬さHiが450~570の窒化ばねを提供するものであり、この窒化ばねは非常に優れた疲労特性を有しており、自動車用等の内燃機関用弁ばね等として非常に優れた性能を発揮するものである。まず、本発明で使用する鋼材の成分組成を定めた理由を説明する。

#### 【0009】C: 0.3~0.7%

高応力が負荷されるばね用鋼材として十分な強度を確保するのに欠くことのできない元素であり、少なくとも0.3%以上含有させなければならない。しかしながら、多くなり過ぎると、韌性が極端に悪くなればね成形時に折損し易くなる他、後述する様な理由から内部硬さを下げるためにも0.8%以下に抑える必要がある。

#### 【0010】Si: 0.8~4%

窒化処理後のばねの耐へたり性を向上するために必須の成分であり、少なくとも0.8%以上含有させなければならない。しかし多過ぎると韌性の低下が著しくなるので、4%以下に抑えるべきである。

#### 【0011】Mn: 0.2~1.5%

製鋼時の脱酸と韌性向上に有効に作用する元素であり、これらの作用を有効に発揮させるには0.2%以上含有させなければならない。しかし、1.5%を超えて過多に含有させると、製鋼時の熱処理工程でペイナイト等の過冷却組織が生成し易くなり伸線性が著しく悪化する。

#### 【0012】Cr: 0.4~3%

- 窒化物を生成し易い元素であって、窒化処理による表面硬さの向上に欠くことのできない元素であり、その効果は0.4%以上の添加で有効に発揮される。しかしながら3%を超えて過多に含有させると、韌延性が低下し線材への加工が困難になる。

【0013】sol. A1: 0.02~0.7%

前述の如くA1は、従来より金属介在物の生成源となって疲労特性に悪影響を及ぼすことが確認されており、極力少なくする方が好ましいと考えられていた。しかしながら本発明者らが種々研究を重ねたところによると、sol. A1は窒化処理による表面硬さの向上に優れた効果を発揮するので、本発明の目的を果たす上で必須の成分となる。そして、こうした作用効果を有効に発揮させるにはsol. A1を0.02%以上含有させなければならぬが、反面、含有量が多くなり過ぎると窒化処理時の窒化層を十分に深くすることが困難になり、表面硬化効果が却って低下してくるので0.7%以下に抑えなければならない。

【0014】V: 0.05~5%, Nb: 0.05~0.5%, Mo: 0.05~0.5%, Ni: 0.1~3%よりなる群から選択される元素を1種以上

いずれも焼入れ・焼戻し等の熱処理後の韌延性を高めるため、少なくとも1種を上記の下限値以上含有させなければならない。しかしながら、V, Nb, Moの含有量が上限値を超えると、巨大な炭化物や窒化物が生成し易くなつて疲労特性を著しく悪化させ、またNi量が上限値を超えると、熱間圧延時にベイナイト組織やマルテンサイト組織が生成し易くなつて韌延性を悪化させるので、夫々上限値以下に抑えなければならない。

【0015】本発明に係る弁ばね用鋼材の必須構成元素は以上の通りであり、残部は鉄および不可避不純物からなるものであるが、不可避不純物として混入してくる酸素については、その含有量を20ppm以下に抑えることが必須の要件となる。しかして該酸素含有量が20ppmを超えるものでは、酸化物系介在物量が増大して該介在物に起因する疲労破壊を起こし易くなり、本発明の前記目的を果たせなくなるからである。

【0016】更に本発明では、耐疲労特性を高めるための他の要件として、疲労破壊の起点となる鋼中の非金属介在物サイズを極力小さくすることが必要であり、目的達成のための基準として、上記成分組成の要件を満たす鋼線材の中心を含む圧延方向断面3600mm<sup>2</sup>内における非金属介在物の大きさを15μm以下にすることが必須となる。しかし15μmを超える粗大な非金属介在物は、疲労破壊の起点となって繰り返し応力を受けたと

きに折損を生じる原因になるからである。

【0017】尚、15μm以下の微細な非金属介在物が疲労破壊の起点となることは殆ど無いが、その絶対数が多過ぎると韌延性に悪影響を及ぼすことは否めないので、好ましくは同断面3600mm<sup>2</sup>内において、5~15μmの大きさの非金属介在物の総数を50以下に抑えることが望ましい。

【0018】本発明に係る窒化ばねは、上記要件を満足する鋼線材を常法に従つて窒化処理し、表層部を集中的に硬質化することにより、表面から10μm以内のピッカース硬さH<sub>S</sub>を900以上とすると共に、内部のピッカース硬さH<sub>I</sub>を450~570の範囲にすることによって得られる。表面から10μm以内のピッカース硬さH<sub>S</sub>が900未満では、表面のマトリックスを起点とする疲労破壊が起こり易くなり、また内部硬さがH<sub>V</sub>450未満では、内部のマトリックスを起点とする疲労破壊が起こり易くなるばかりでなく耐へたり性も悪くなり、逆にH<sub>V</sub>570を超えると、内部で介在物起点の折損が起こり易くなり、いずれも満足のいく疲労寿命が得られなくなる。尚、窒化層の深さは特に限定されないが、表面および内部起点での疲労寿命のばらつきを抑えるためには、該窒化層深さを40μm以上とすることが望ましい。

【0019】

【実施例】次に本発明の実施例を示すが、本発明はもとより下記実施例によって制限を受けるものではなく、前後記の趣旨に適合し得る範囲で適当に変更を加えて実施することも勿論可能であり、それらはいずれも本発明の技術的範囲に含まれる。

【0020】実施例1

表1に示す化学組成の鋼を溶製し、熱間圧延により直径7mmの線材とした後、焼鈍→皮削り→パテンティング→伸線→焼入れ焼戻し→ばね成形→窒化の各処理を順次経て直径3.2mmのばね用素線を作製し、表2に示す諸元のばねを製造した。これらの内、V, Nb無添加の比較鋼No.8はばね成形中に折損が多発し、またNiまたはCr含有量の高い比較鋼No.9, 10は伸線加工中に断線が多発し、いずれもばね成形できなかった。ばね成形することのできたものについては、ショットピーニング処理を施してからばね疲労試験を行なうと共に、ばね素線の硬さ分布を測定した。それらの結果並びに線材としての非金属介在物の大きさ測定結果を表3に一括して示す。

【0021】

【表1】

No.	化学成分(重量%)											伸線加工中の断線	コイリング時の折損	備考
	C	Si	Mn	Cr	V	Nb	Ni	Mo	sol. Al	酸素(ppm)				
1	0.59	2.01	1.02	1.01	0.11	0.15	0.52	Tr.	0.20	5	無し	無し	本発明鋼	
2	0.60	1.97	1.00	0.99	0.22	0.35	0.98	0.11	0.21	8	無し	無し	〃	
3	0.58	1.99	0.99	0.97	0.30	Tr.	1.49	0.21	0.41	10	無し	無し	〃	
4	0.61	2.02	0.97	1.04	0.47	Tr.	2.93	0.20	0.65	10	無し	無し	比較鋼	
5	0.60	2.04	0.99	1.02	0.20	Tr.	0.99	0.18	0.01	37	無し	無し	〃	
6	0.60	2.00	1.01	0.99	0.21	Tr.	1.01	Tr.	Tr.	15	無し	無し	〃	
7	0.59	2.01	0.97	1.01	0.20	Tr.	1.00	0.08	0.93	7	無し	無し	〃	
8	0.60	2.05	0.99	0.98	Tr.	Tr.	0.02	0.01	0.27	9	無し	有り	〃	
9	0.56	2.02	1.01	1.03	0.21	Tr.	3.87	0.55	0.22	12	有り	—	〃	
10	0.57	1.95	0.88	3.10	0.09	Tr.	0.35	0.53	0.20	13	有り	—	〃	
11	0.55	0.72	0.95	0.75	0.12	0.08	0.43	Tr.	0.35	11	無し	無し	〃	

【0022】

【表2】

ばね諸元		ばね疲労試験
素線径	3.2mm	
コイル平均径	21.0mm	平均応力 $\tau_m = 686N/mm^2$
総巻数	6.5巻	応力振幅 $\tau_a = 539N/mm^2$
有効巻数	4.5巻	
ばね定数	24.5N/mm	

【0023】

【表3】

No.	線材での介在物 1)		2) 表層硬さ Hs (HV)	内部硬さ Hi (HV)	窒化深さ d(μm)	平均疲労寿命(回)	疲労起点	備考
	大きさ16μm以上 の数	3) 全数						
1	0	4	915	503	75	$5.00 \times 10^7$	未折損	本発明ばね
2	0	6	935	536	83	$5.00 \times 10^7$	未折損	本発明ばね
3	0	11	984	544	72	$5.00 \times 10^7$	未折損	本発明ばね
4	9	14	1053	564	79	$1.15 \times 10^7$	介在物	比較ばね
5	12	121	930	539	79	$2.66 \times 10^7$	介在物	比較ばね
6	0	21	878	527	87	$0.88 \times 10^7$	表面	比較ばね
7	2	4	1085	529	34	$2.47 \times 10^7$	内部マトリックス	比較ばね
11	0	15	970	425	67	$0.75 \times 10^7$	内部マトリックス	比較ばね

注 1) 線材の中心を含む圧延方向端面において  $3600mm^2$  を測定した。

2) 表面から  $10\mu m$  の深さにおける硬さ。

3)  $5\mu m$  以上の全介在物数

【0024】表3からも明らかである様に、本発明の規定要件を満たす実施例ばねは、いずれも  $5 \times 10^7$  回の

繰り返し応力を受けた時にも折損を起こさないが、粗大な介在物を含む比較鋼No. 4および酸素含有量の多い

- 比較鋼No. 5は、介在物起点の破壊により $3 \times 10^7$ 回以下で折損を起こしている。また、A1無添加の比較
- 鋼No. 6では表面起点の破壊により早期折損が生じており、一方過度にA1を含有する比較鋼No. 7およびSi含有量の低い比較鋼No. 11では、内部マトリックスの破壊によりフィッシュアイ折損を起こしている。

## 【0025】実施例2

No.	表層硬さ Hs (HV)	内部硬さ Hi (HV)	窒化深さ d (μm)	平均疲労寿命 (回)	疲労起点	備考
1 a	905	559	75	$5.00 \times 10^7$	未折損	本発明例
1 b	856	470	93	$5.00 \times 10^7$	未折損	本発明例
1 c	885	564	70	$0.77 \times 10^7$	表面	比較例
1 d	875	582	62	$1.86 \times 10^7$	介在物	比較例
1 e	966	439	97	$0.67 \times 10^7$	内部マトリックス	比較例

【0027】表4からも明らかである様に、Hsの低いNo. 1cは表面折損により疲労寿命が短く、Hiが高いNo. 1dは介在物起点の破壊により $2 \times 10^7$ 回以下で折損を起こしている。またHiの低いNo. 1eでは、内部のマトリックスから疲労破壊を起こしており、やはり寿命が短い。これらに対し、本発明の規定要件を全て満足するNo. 1a, 1bでは、 $70 \times 55 \text{ kg f/mm}^2$ の応力で $5 \times 10^7$ 回以上の疲労寿命を有しており、従来材よりも疲労強度が著しく向上していることが

表1に示したNo. 1の鋼材から製造したばねを使用し、窒化条件のみを変えて表4に示すばねを作製し、夫々について実施例1と同様にして疲労試験を行なった。結果を、ばねの表面硬さ等と共に表4に示す。

## 【0026】

## 【表4】

分かる。

## 【0028】

【発明の効果】本発明は以上の様に構成されており、用いる鋼材の成分組成を特定すると共に、圧延方向断面における非金属介在物の大きさを特定することにより、高い疲労強度の窒化ばねを与える鋼材を得ることができ、又この鋼材を窒化処理することによって、内燃機関用弁ばね等として非常に優れた疲労特性を備えた窒化ばねを提供し得ることになった。

---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開 平6-220579 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. 6, DB名)

C22C 38/00 301